อุปกรณ์สับเปลี่ยนบัสเซนทรอนิคส์แบบอัตโนมัติ

Automatic Transfer Switches for Centronics Bus

ทัดดาว ศีลคุณ*

ธนิตสรณ์ จิระพรชัย*

สมัน สระแก้ว*

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างอุปกรณ์สับเปลี่ยนบัสเซนทรอนิคส์แบบอัตโนมัติ เพื่อใช้เป็นตัวสับเปลี่ยนพอรท์ข้อมูลสำหรับต่อเครื่องพิมพ์ ของไมโครคอมพิวเตอร์ 4 เครื่องแบบอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องพิมพ์ 1 เครื่องร่วมกันได้ โครงสร้างของบัฟเฟอร์ข้อมูลจะใช้แบบจำลองการเข้าแถวรอคอย เพื่อคำนวณหาขนาดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสม และวิเคราะห์สมรรถนะของระบบ

Abstract

This paper presents designing and construction of the automatic transfer switches for centronics bus. This equipment is used to interface the printer port of 4 microcomputers in order to share single printer. The appropriate buffer size and system performance are derived by using gueueing model.

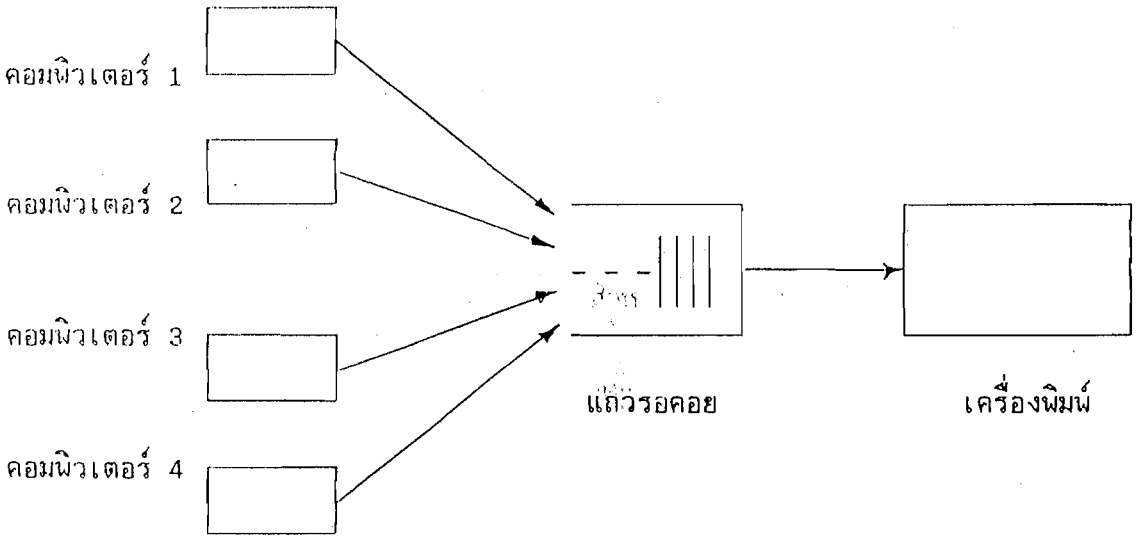
1. บทนำ

ในห้องปฏิบัติการไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ให้บริการแก่นักศึกษาเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนนั้น โดยทั่วไป ปริมาณของเครื่องพิมพ์ จะน้อยกว่าปริมาณของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นสัดส่วนประมาณ 3-4 เท่า จึงมักจะมีปัญหาเกิดขึ้นเสมอคือ เครื่องที่มีเครื่องพิมพ์ต่ออยู่จะถูกใช้เพื่อพิมพ์ผลตลอดเวลา และมักจะต้องจองเวลากันซึ่งไม่สะดวก ดังนั้น การพัฒนาอุปกรณ์สับเปลี่ยนบัสแบบเซนทรอนิคส์ ให้สามารถต่อเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์หลายเครื่องเข้ากับเครื่องพิมพ์หนึ่งเครื่องเพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ โดยมีการสับเปลี่ยนแบบอัตโนมัติจึงมีความจำเป็นมาก ในการออกแบบขนาดบัฟเฟอร์ข้อมูล จะต้องคำนึงถึงปริมาณงานที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องต้องการพิมพ์ และจำนวนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่จะต่อเข้ากับเครื่องพิมพ์เพื่อใช้งานร่วมกัน

การออกแบบระบบได้เตรียมบัสเชื่อมต่อไว้ 4 ชุด สำหรับต่อเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 4 เครื่อง และมีบัส 1 ชุด ไว้ต่อกับเครื่องพิมพ์ ส่วนควบคุมใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ Z-80 สำหรับการคำนวณหาขนาดบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมจะใช้แบบจำลองการเข้าแถวรอคอย โดยมีสมมติฐานว่า เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องมีลักษณะงานคล้ายคลึงกัน ทั้งนี้เพราะถือว่านักศึกษาที่มาใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นการเขียนโปรแกรมที่ถูกกำหนดมาจากอาจารย์ผู้สอนในรายวิชาเดียวกัน ในลักษณะนี้ความต้องการพิมพ์ ของนักศึกษาแต่ละคนและปริมาณข้อมูลที่จะพิมพ์ถือว่าเป็นแบบเชิงสุ่ม อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติแม้ปริมาณงานที่ต้องการพิมพ์ของแต่ละเครื่องจะแตกต่างกัน แต่อุปกรณ์สับเปลี่ยนอัตโนมัติก็ยังสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การคำนวณหาขนาดของบัฟเฟอร์โดยใช้แบบจำลองการเข้าแถวรอคอย

พิจารณาระบบสับเปลี่ยนบัสเซนทรอนิคส์แบบอัตโนมัติ เพื่อต่อเครื่องพิมพ์ 1 เครื่องเข้ากับคอมพิวเตอร์ 4 เครื่อง ในขณะที่คอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งกำลังพิมพ์ข้อมูลอยู่ ถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เหลือต้องการพิมพ์ข้อมูล ระบบจะจัดลำดับการบริการให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการพิมพ์แบบมาก่อนบริการก่อน (First-come,First-served) และส่งสัญญาน BUSY เพื่อให้หยุดรอ จนกระทั่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เครื่องที่ใช้บริการอยู่หมดแล้ว จึงจะให้บริการกับเครื่องอื่นตามลำดับ



รูปที่ 1 แสดงแบบจำลองการต่อเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์

เมื่อพิจารณาความต้องการพิมพ์ผลของคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง จะถือว่าเป็นกระบวนการแบบปัวซอง (Poisson process) และระยะเวลาในการให้บริการหรือเวลาที่ใช้ในการพิมพ์ข้อมูลจนเสร็จ จะขึ้นอยู่กับปริมาณของข้อมูลแต่ละครั้ง ซึ่งในที่นี้จะสมมติให้มีการกระจายแบบเอกซ์โปเนนเชียล ดังนั้นแบบจำลองแถวรอคอยที่เหมาะสมมากที่สุดคือ แบบ M/M/1 [1], [2], [3]

จากการสังเกตในห้องปฏิบัติการใน 1 ชั่วโมง พบว่า ความต้องการพิมพ์ผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ เฉลี่ยเป็น 4 ครั้ง/เครื่อง/ชั่วโมง และการพิมพ์ผลแต่ละครั้งใช้เวลาเฉลี่ย 2 นาที นั่นคือ ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการพิมพ์แต่ละครั้งสำหรับคอมพิวเตอร์ 4 เครื่อง,

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{60}{4 \times 4} = 3.75 \text{ นาที}$$

หรือ $\lambda = 16$ ครั้ง/ชั่วโมง

ระยะเวลาเฉลี่ยในการพิมพ์แต่ละครั้ง

$$\frac{1}{\mu} = 2 \text{ นาที}$$

หรือ $\mu = 30$ ครั้ง/ชั่วโมง

ปัจจัยการใช้ประโยชน์, $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 0.533$

ค่าเฉลี่ยของขนาดของแถวรอคอย

$$L = \frac{\rho}{1 - \rho} = 1.143$$

ระยะเวลารอคอยเฉลี่ย, $W = \frac{L}{\mu} = 2.286$ นาที

ถ้าสมมติว่า ต้องการออกแบบให้ระบบมีบัฟเฟอร์เก็บข้อมูล เพื่อให้ระยะเวลารอคอยของเครื่องคอมพิวเตอร์โดยเฉลี่ยเป็น 1 นาที จะสามารถคำนวณหาขนาดของบัฟเฟอร์ได้จาก

ขนาดบัฟเฟอร์ = (ระยะเวลารอคอยเฉลี่ยจากการคำนวณ - ระยะเวลารอคอยเฉลี่ยที่ต้องการ) x อัตราเร็วเฉลี่ยในการพิมพ์ (1)

ถ้าอัตราเร็วในการพิมพ์เฉลี่ยของเครื่องพิมพ์เป็น 150 ตัวอักษร/วินาที ดังนั้น

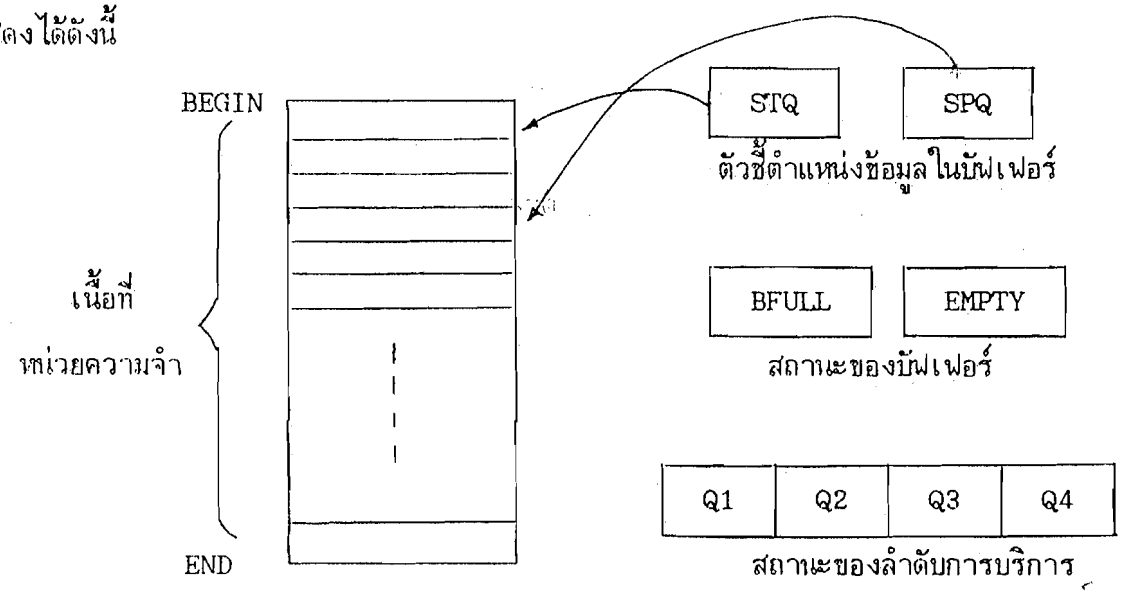
ขนาดบัฟเฟอร์ = (2.286-1)x(150x60) = 11,572 ตัวอักษร

อย่างไรก็ตามในการคำนวณหาขนาดของบัฟเฟอร์ตามสมการ (1) นั้นไม่ได้คำนึงถึงระยะเวลาที่ใช้ในการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เก็บลงในบัฟเฟอร์ ในทางปฏิบัติจำเป็นต้องคำนึงถึงเวลาที่ใช้ในกรณีนี้ด้วย และขนาดของบัฟเฟอร์จะต้องสะดวกกับการออกแบบด้วย ในที่นี้จะเลือกใช้ขนาดบัฟเฟอร์เป็น 16 กิโลไบท์ (16384 ไบท์)

3. การออกแบบโครงสร้างข้อมูล

โครงสร้างของข้อมูลที่ง่ายที่สุดในระบบแถวรอคอยแบบมาก่อนบริการก่อน (first-come, first-served) คือการออกแบบแถวรอคอยชนิดเป็นวงรอบ (circular queue)[4] โดยที่กระบวนการที่นำข้อมูลมาเก็บในแถวรอคอยเรียกว่า enqueue และการนำข้อมูลจากแถวรอคอยส่งออกเครื่องพิมพ์เรียกว่า dequeue

เนื่องจากระบบหน่วยความจำจะเรียงลำดับแบบ อาร์เรย์ (array) ดังนั้น การจัดโครงสร้างแบบอาร์เรย์ ให้เป็นแถวรอคอยชนิดวงรอบ ในกรณี enqueue และ dequeue สามารถแสดงได้ดังนี้



```
procedure ENQUEUE
     IF STQ >= SPQ THEN
          IF SPQ != END THEN
               save data at location <SPQ>,
               increment SPQ.
          ELSE IF STQ = BEGIN THEN
                    set BFULL = true.
               ELSE save data at location <SPQ>,
                    set SPQ = BEGIN.
               ENDIF
          ENDIF
     ELSE IF SPQ < STQ - 1 THEN
               save data at location <SPQ>,
               increment SPQ.
          ELSE set BFULL = true.
     ENDIF
END procedure.
procedure DEQUEUE
     IF STQ != SPQ THEN
          send data at location <STQ> to printer port,
          IF STQ != END THEN
               increment STQ.
          ELSE STQ = BEGIN.
     ELSE set EMPTY = true.
     ENDIF
END procedure.
```

เมื่อกำหนดให้ตำแหน่งหน่วยความจำเริ่มต้นและสิ้นสุด ของบัฟเฟอร์คือ BEGIN และ END ตามลำดับ STQ และ SPQ เป็น ตัวชี้(pointer) สำหรับแสดงตำแหน่งเริ่มต้น และสิ้นสุดของข้อมูล ส่วน BFULL และ EMPTY เป็นตำแหน่งเก็บสถานะบอกกรณีบัฟเฟอร์เต็มและว่างตามลำดับ

โครงสร้างของโปรแกรมหลักแสดงดังนี้

```
MAIN
     Initialized systems.
     DOWHILE  not RESET
          Check status port and ordering.
          IF have data THEN
               IF not BFULL THEN  ENQUEUE  ENDIF
          ELSE  Increment COUNTER.
          ENDIF
          IF not EMPTY THEN  DEQUEUE ENDIF
          IF COUNTER > 100 THEN
               ADD_FORM_FEED,
               return status and re-ordered.
          ENDIF
     ENDDO
END main program.
```

เมื่อระบบเริ่มต้นทำงานจะต้องเซ็ทค่าเริ่มต้นของ STQ และ SPQ ให้ชี้ไปที่ตำแหน่ง BEGIN ซึ่งถ้า STQ และ SPQ ชี้ที่ตำแหน่งเดียวกันแสดงว่าบัฟเฟอร์ยังไม่มีข้อมูล และเซ็ท BFULL เป็น false EMPTY เป็น true COUNTER เป็นศูนย์ เมื่อมีคอมพิวเตอร์บางเครื่องต้องการพิมพ์ผลจะนำข้อมูลไปเก็บในบัฟเฟอร์โดย procedure ENQUEUE และในกรณีที่ข้อมูลหมดแล้วสามารถเช็คได้โดยการนับจำนวนรอบที่เมื่อเช็คสถานะแล้วไม่มีข้อมูล ซึ่งในโปรแกรมกำหนดไว้เป็น 100 (ค่านี้ได้มาจาก การทดลอง) เมื่อข้อมูลหมดจะเพิ่มรหัสควบคุมเครื่องพิมพ์ให้เลื่อนกระดาษไป 1 หน้า (form feed) แล้วจึงรับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น (ถ้า

มี) เข้าเก็บในบัฟเฟอร์ต่อไปตามลำดับที่จัดเรียงอยู่ใน Q1 - Q4 และกำหนดค่าเริ่มต้นของ COUNTER ให้เป็นศูนย์ เพื่อเริ่มรับข้อมูลชุดใหม่ต่อไป

4. การตรวจสอบสถานะของบัสเซนทรอนิคส์

สายสัญญาณตอบรับในการรับ-ส่ง ข้อมูลของบัสเซนทรอนิคส์ [5] ที่จำเป็นมี 3 เส้นคือ ACKNLG BUSY และ STROBE โดย

- สัญญาณ ACKNLG เป็นสัญญาณที่เครื่องพิมพ์ใช้บอกสถานะว่า ขณะนี้เครื่องพิมพ์พร้อมที่จะรับข้อมูลตัวต่อไป โดยจะส่งเป็นพัลส์ลบ(negative pulse) มีความกว้างประมาณ 5 μs

- สัญญาณ BUSY เป็นสัญญาณที่เครื่องพิมพ์ใช้บอกสถานะว่ายังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล โดยจะให้สัญญาณนี้เป็น '1' และเมื่อพร้อมที่จะรับข้อมูลจะให้สัญญาณ BUSY เป็น '0' โดยปกติสัญญาณนี้จะเป็น '1' ก็ต่อเมื่อ

1. ระหว่างที่ข้อมูลกำลังถูกอ่านเข้ามา
2. ระหว่างที่ทำการพิมพ์อยู่
3. เครื่องพิมพ์อยู่ในสถานะ OFF LINE
4. มีข้อผิดพลาดบางอย่างเกิดขึ้น

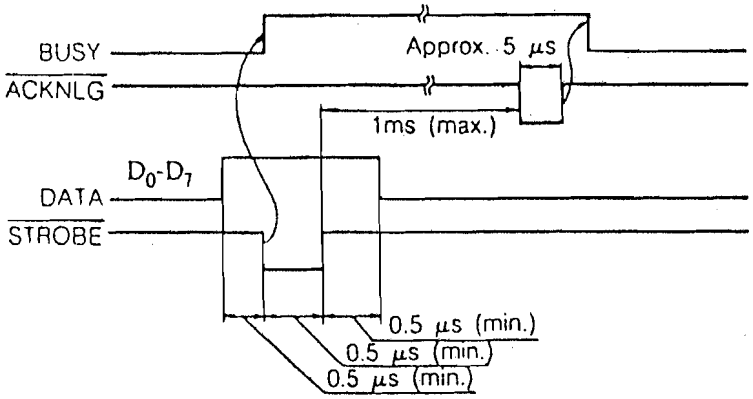
- สัญญาณ STROBE เป็นสัญญาณที่เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้บอกสถานะให้เครื่องพิมพ์ทราบว่าได้ส่งข้อมูลมาที่สายข้อมูลแล้ว โดยจะส่งเป็นพัลส์ลบ มีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.5 μs

สัญญาณที่จำเป็นอื่น ๆ ได้แก่

- INIT เป็นสัญญาณที่เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้บอกสถานะการเริ่มทำงาน(reset)
- PE เป็นสัญญาณที่เครื่องพิมพ์ใช้บอกสถานะว่า ขณะนั้นไม่มีกระดาษพิมพ์
- SLCT เป็นสัญญาณที่เครื่องพิมพ์ใช้บอกสถานะว่า พร้อมที่จะทำงาน หรือ ON LINE
- ERROR เป็นสัญญาณที่เครื่องพิมพ์ใช้บอกสถานะ ในกรณีที่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น

การทำงานของระบบ สมมติว่าคอมพิวเตอร์ต้องการส่งข้อมูล จะเริ่มตรวจสอบสัญญาณ BUSY ถ้าเป็น '0' จะส่งข้อมูลออกมาที่สายข้อมูลและหลังจากนี้เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 0.5 μs จะส่งสัญญาณ STROBE พัลส์ลบ มีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.5 μs ขณะเดียวกันเครื่องพิมพ์จะให้สัญญาณ BUSY เป็น '1' ในช่วงขอบลง(negative edge) ของ STROBE และคอมพิวเตอร์จะต้องค้างข้อมูลที่สายข้อมูลคงอยู่ต่อไปอีกอย่างน้อย 0.5 μs หลังจากส่ง STROBE จึงจะถือว่าเสร็จสิ้นการส่งข้อมูล 1 ตัวอักษร เมื่อเครื่องพิมพ์จัดการกับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะรับ

ข้อมูลตัวใหม่อีก จะส่งสัญญาณ ACKNLG เป็นพัลส์ลบ มีความกว้างประมาณ 5 μs เพื่อเป็นการตอบรับว่า ได้พิมพ์ผลเรียบร้อยพร้อมที่จะรับข้อมูลตัวต่อไปแล้ว และในช่วงขอบขึ้นของสัญญาณ ACKNLG เครื่องพิมพ์จะให้สัญญาณ BUSY เป็น '0' ซึ่งจะเป็นการเริ่มต้นรับข้อมูลในรอบต่อไปอีกครั้งหนึ่ง ลำดับการทำงานจะเขียนเป็นแผนผังเวลาได้ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงแผนผังเวลาของบัสเซนทรอนิคส์

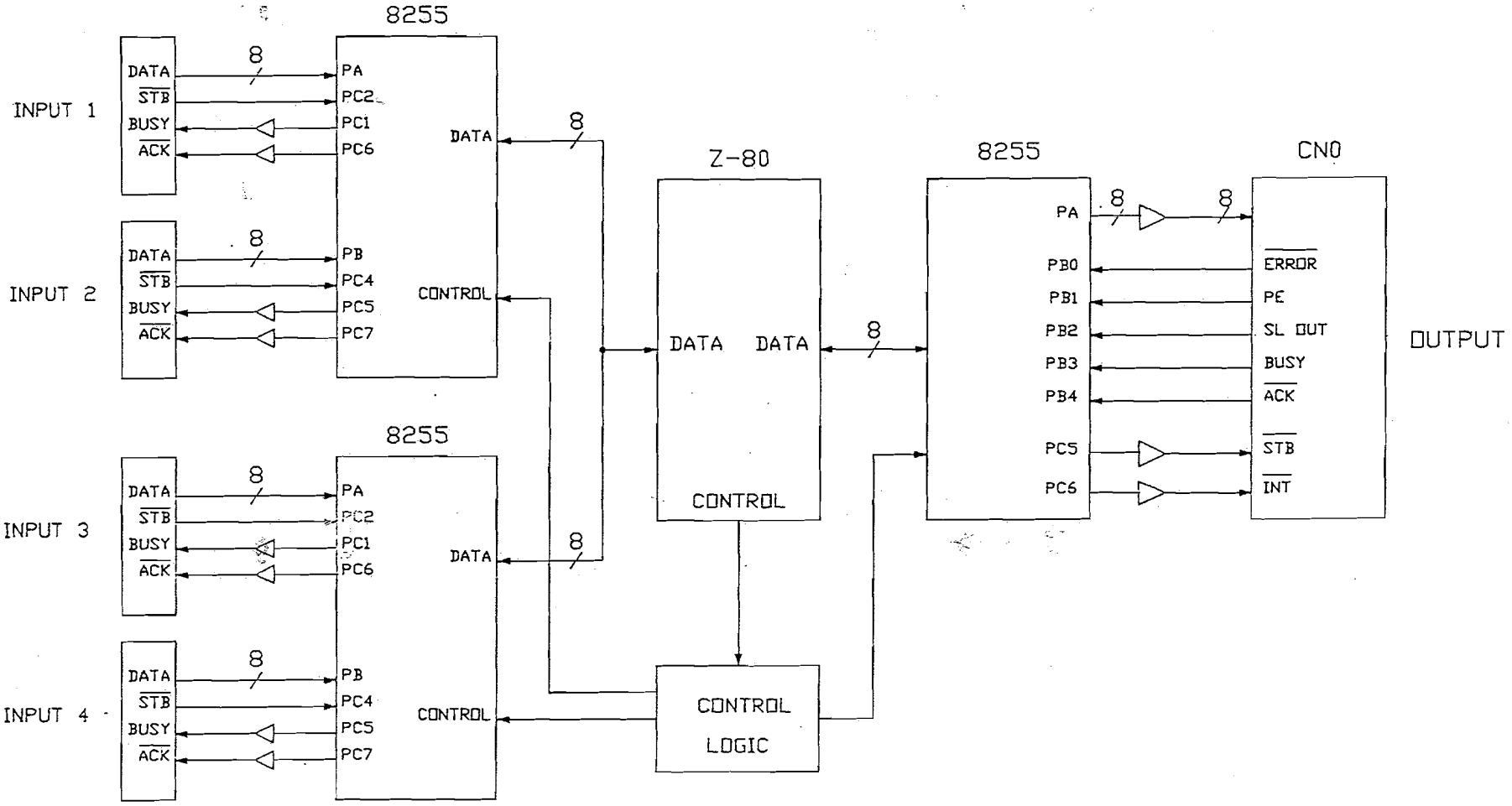
จากกระบวนการดังกล่าว เราสามารถใช้สัญญาณ ACKNLG และ BUSY ควบคุมให้คอมพิวเตอร์หยุดรอเป็นเวลานานเท่าใดก็ได้ และจะใช้สัญญาณ STROBE เป็นตัวตรวจสอบว่ามีเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องใดต้องการจะพิมพ์ผลบ้างเพื่อจะได้จัดลำดับการพิมพ์ของแต่ละเครื่อง

5. การออกแบบวงจร

วงจรที่ใช้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ใช้รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมี 4 ชุดที่คล้ายกันกับส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลให้กับเครื่องพิมพ์อีก 1 ชุด ในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ แต่ละเครื่องนั้นสายสัญญาณที่จำเป็นคือ สายข้อมูล 8 เส้น, ACKNLG, BUSY, STROBE รวมเป็น 11 เส้น จะต้องต่อผ่านวงจรเชื่อมต่อซึ่งในที่นี้จะใช้ไอซีเบอร์ 8255[6] เป็นตัวเชื่อมต่อ ส่วนสายสัญญาณตรวจเช็คอื่น ๆ คือ ERROR, PE, INIT, SLCT นั้นสามารถต่อกับไฟบวก 5 V หรือ 0 V ให้อยู่ในสถาวะการทำงานแบบปกติ โดยไม่ต้องมีการควบคุมจากตัวควบคุม

สำหรับส่วนเชื่อมต่อเครื่องพิมพ์ จะต้องมีการตรวจเช็คสัญญาณต่าง ๆ ทั้งหมดคือ ACKNLG, BUSY, STROBE, INIT, SLCT, PE, ERROR และสายข้อมูลอีก 8 เส้นรวมเป็น 15 เส้น

การออกแบบวงจรส่วนเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ถ้าเลือกใช้ไอซีเบอร์ 8255 และโปรแกรมให้ใช้งานในโหมด 1 จะสามารถต่อกับบัสเซนทรอนิคส์ได้ 2 ชุด ดังนั้นจะต้องใช้ไอซี 8255 จำนวน 2 ตัว เพื่อต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ 4 เครื่อง ส่วนเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์จะใช้ไอซีเบอร์ 8255 อีกหนึ่งตัว และโปรแกรมให้ใช้งานในโหมด 0 สัญญาณออกจะต้องเป็นสัญญาณแบบคอลเลคเตอร์เปิด (open collector) จึงใช้ไอซีเบอร์ 7407 เป็นตัวขับ สัญญาณเข้าทั้งหมดจะถูก pull up ด้วยตัวต้านทานขนาด 3.3 กิโลโอห์ม วงจรเชื่อมต่อแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงแผนผังวงจรควบคุมและส่วนเชื่อมต่อ

6. บทสรุป

อุปกรณ์สับเปลี่ยนบัสเซนทรอนิคส์ ที่พัฒนาขึ้นได้ทดลองใช้งานในห้องปฏิบัติการไมโครคอมพิวเตอร์ โดยใช้ต่อกับเครื่อง IBM PC/XT 4 เครื่อง เข้ากับเครื่องพิมพ์ FX-85 1 เครื่อง สามารถใช้งานได้ดีแม้ในสภาพที่พิมพ์ข้อมูลปริมาณมาก จึงนับว่าเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้การใช้งานเครื่องพิมพ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

7. หนังสืออ้างอิง

1. Donald Gross,Carl M.Harris,"Fundamental of Queneign Theory", John Wiley & Sons,Inc,New York,1974
2. Leonard Kleinrock,"Queueing Systems,Volume I",John Wiley Sons,Inc, New York,1975
3. Vijay Ahuja, "Design and Analysis of Computer Communication Networks", McGraw-Hill,Inc.,Singapore,1986
4. Robert L.Kruse,"Data Structures and Program Design",second edition, Prentice-Hall,Inc.,Engle wood Cliffs,N.J.,1987
5. Douglas V. Hall,"Microprocessors and Interfacing",McGraw-Hill Inc., Singapore,1987.
6. " คู่มือไอซี ซิพซัพพอร์ทและหน่วยความจำ",บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,กรุงเทพฯ, พ.ศ.2529